

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-095184

(43) Date of publication of application : 09.04.1999

(51)Int.Cl. G02F 1/13  
G02B 5/20  
G02B 5/28  
G02B 6/293  
G02F 1/1333

(21)Application number : 09-254735

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 19.09.1997

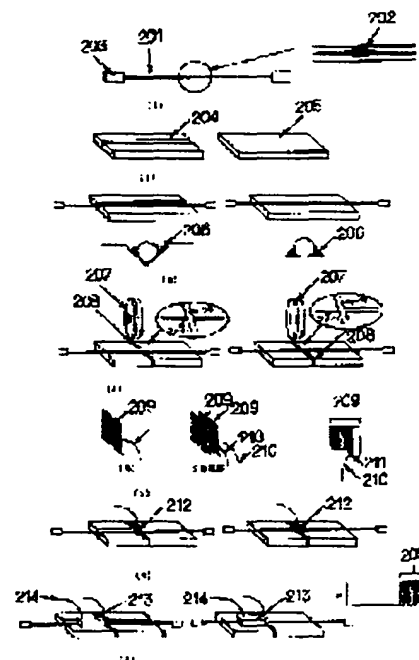
(72)Inventor : HIRABAYASHI KATSUHIKO  
MATSUMOTO SHIRO

## (54) PRODUCTION OF WAVELENGTH VARIABLE FILTER

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make it possible to inexpensively produce a high-performance wavelength variable filter by using a Fabry-Perot etalon type filter formed by using a film-like high polymer dispersion type liquid crystal layer for a cavity.

**SOLUTION:** The Fabry-Perot etalon type filter 209 formed by using the high polymer dispersion type liquid crystal layer in which the diameter of liquid crystal particles is  $\leq 150$  nm shorter than the wavelength of light for the cavity is produced. A groove 208 is formed at substrates 204, 105 fixing an optical fiber 201 or optical fiber array so as to expose the core regions of the optical fiber 201 or the optical fiber array and the Fabry-Perot etalon type filter 209 is inserted into this groove 208. The Fabry-Perot etalon type filter 209 inserted into the groove 208 and the substrates 204, 205 are fixed by an adhesive 212 having the refractive index coinciding with the refractive index of the Fabry-Perot etalon type filter 209. Voltage is then impressed on the transparent conductive film of the Fabry-Perot etalon type filter 209.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

01.02.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3282162

[Date of registration] 01.03.2002

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-95184

(43)公開日 平成11年(1999)4月9日

(51)Int.Cl.\*

識別記号

F I

G 0 2 F 1/13

5 0 5

G 0 2 F 1/13

5 0 5

G 0 2 B 5/20

G 0 2 B 5/20

5/28

5/28

6/293

G 0 2 F 1/1333

G 0 2 F 1/1333

G 0 2 B 6/28

C

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 8 頁)

(21)出願番号

特願平9-254735

(22)出願日

平成9年(1997)9月19日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 平林 克彦

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

(72)発明者 松元 史朗

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

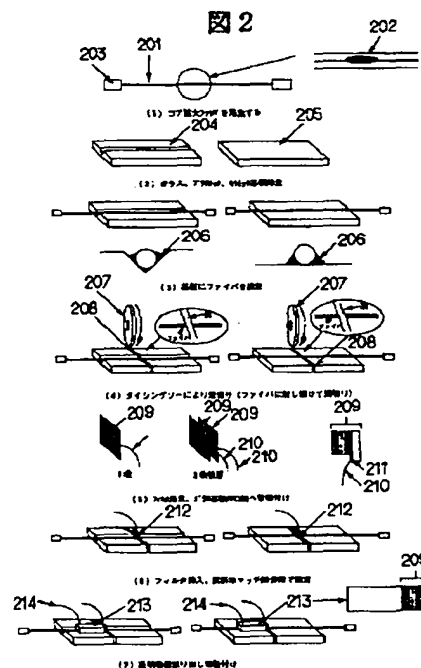
(74)代理人 弁理士 秋田 収喜

(54)【発明の名称】 波長可変フィルタの製造方法

(57)【要約】

【課題】 非常に安価に、かつ高性能な波長可変フィルタを製造できる波長可変フィルタの製造方法を提供する。

【解決手段】 波長可変フィルタの製造方法において、液晶粒の直径が150nm以下である高分子分散型液晶層をキャビティに用いたファブリーペローエタロン型フィルタを製造する工程と、光ファイバまたは光ファイバアレイを固定した基板に、当該光ファイバまたは光ファイバアレイのコア領域が露出するように溝を形成する工程と、前記溝内に前記ファブリーペローエタロン型フィルタを挿入する工程と、前記溝内に挿入されたファブリーペローエタロン型フィルタと前記基板とを、前記ファブリーペローエタロン型フィルタと屈折率の一致した接着剤で固定する工程と、前記ファブリーペローエタロン型フィルタの透明導電膜に電圧を印加する手段を装着する工程とを備える。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 液晶粒の直径が150nm以下である高分子分散型液晶層をキャビティに用いたファブリーペローエタロン型フィルタを製造する工程と、

光ファイバまたは光ファイバアレイを固定した基板に、当該光ファイバまたは光ファイバアレイのコア領域が露出するように溝を形成する工程と、

前記溝内に前記ファブリーペローエタロン型フィルタを挿入する工程と、

前記溝内に挿入されたファブリーペローエタロン型フィルタと前記基板とを、前記ファブリーペローエタロン型フィルタと屈折率の一致した接着剤で固定する工程と、前記ファブリーペローエタロン型フィルタの透明導電膜に電圧を印加する手段を装着する工程とを備えることを特徴とする波長可変フィルタの製造方法。

【請求項2】 前記ファブリーペローエタロン型フィルタを製造する工程は、厚さ250μm以下の透明基板の上に、透明導電膜および誘電体ミラー膜からなる第1の層を形成する工程と、

前記第1の膜の上に、液晶粒の直径が150nm以下である高分子分散型液晶層を均一に塗布し、硬化させる工程と、

前記高分子分散型液晶層の上に、透明導電膜および誘電体ミラー膜からなる第2の層を形成する工程と、

前記各工程により作製されたフィルタを、5mm角以下の大きさに切断する工程とを備えることを特徴とする請求項1に記載された波長可変フィルタの製造方法。

【請求項3】 前記ファブリーペローエタロン型フィルタを製造する工程は、基板上に液晶粒の直径が150nm以下である高分子分散型液晶層を均一に塗布し、硬化させる工程と、

前記基板から前記高分子分散型液晶層を剥がす工程と、

前記高分子分散型液晶層の両面上に、透明導電膜および誘電体ミラー膜からなる第1の層および第2の層を形成する工程と、

前記各工程により作製されたフィルタを、5mm角以下の大きさに切断する工程とを備えることを特徴とする請求項1に記載された波長可変フィルタの製造方法。

【請求項4】 高分子分散型液晶層を均一に塗布する方法は、スピンコート法であることを特徴とする請求項2または請求項3に記載された波長可変フィルタの製造方法。

【請求項5】 前記ファブリーペローエタロン型フィルタを、2枚以上重ねて、前記溝に挿入することを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載された波長可変フィルタの製造方法。

【請求項6】 前記溝は、前記光ファイバまたは前記光ファイバアレイに対して傾いていることを特徴とする請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載された波長可変フィルタの製造方法。

2

【請求項7】 前記光ファイバまたは前記光ファイバアレイの光ファイバは、コア部が部分的に拡大されたコア拡大光ファイバであることを特徴とする請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載された波長可変フィルタの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバ中の波長多重された光信号の任意の波長の光信号を選択的にかつ可変に取り出すことができる波長可変フィルタの製造方法に係わり、特に、非常に安価に、かつ高性能な波長可変フィルタを製造できる波長可変フィルタの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】光ファイバによる光通信は大容量の情報を高速に伝送することができるために、最近急速に実用化されつつある。しかし現時点では、ある特定の波長の光パルスを伝送しているのみである。多数の異なる周波数の光パルスを伝送することができれば、さらに大容量の情報を伝送することができる。これを波長多重(WDM)と呼び、現在活発に研究されている。波長多重通信においては多数の波長の光信号の中から選択的に任意の波長の光のみを選び出す波長可変フィルタが必要となる。

【0003】従来この種のフィルタとして、モータで角度を制御するグレーティングフィルタ、モータで誘電体フィルタを移動させる波長可変フィルタ、ピエゾ素子で共振器長を制御するエタロンフィルタなどが知られている。しかしながら、これらの波長可変フィルタは、価格が非常に高く(現時点で平均10万円から100万円程度)、波長多重通信が広く一般に普及しない原因となっている。

【0004】一方、低コストで信頼性の高い波長固定の光ファイバ付きフィルタが開発されている(T.Oguchi, J.Noda, H.Hanafusa, and S.Nishi "Dielectric multilayered interference filters deposited on polyimide films," Electronics Letters., Vol.27, p.706-707, (1991))。

【0005】この波長固定の光ファイバ付きフィルタにおいては、ポリイミド膜の上に誘電体ミラー膜を形成して、これを数mm角に切断して、光ファイバに形成した溝に埋め込むものである。この波長固定の光ファイバ付きフィルタは、基板をガラスの代わりにポリイミド膜を用いることにより、コストの大半を占める誘電体ミラー膜を数mm角に切断することを可能とし、厚さを数10μmと薄くすることも可能となり、光ファイバに溝を付けてそこに挿入することにより、レンズなどの光学部品を必要とせず、さらに面倒なアライメントも必要としないため、非常に安価で安定な固定波長のフィルタを実現できる。しかしながら、この波長固定の光ファイバ付き

フィルタでは、フィルタ透過波長をチューナブルに制御することは困難であった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】前記した如く、モータで角度を制御するグレーティングフィルタ、モータで誘電体フィルタを移動させる波長可変フィルタ、ピエゾ素子で共振器長を制御するエタロンフィルタなどは、価格が非常に高いという問題点があった。

【0007】また、波長固定の光ファイバ付きフィルタでは、フィルタ透過波長をチューナブルに制御することが困難であるという問題点があった。

【0008】本発明は、前記従来技術の問題点を解決するためになされたものであり、本発明の目的は、波長可変フィルタの製造方法において、フィルム状の高分子分散型液晶層をキャビティに用いたファブリーペローエタロン型フィルタを用いて、非常に安価に、かつ高性能な波長可変フィルタを製造することが可能となる技術を提供することにある。

【0009】本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面によって明らかにする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、下記の通りである。

【0011】波長可変フィルタの製造方法において、液晶粒の直径が150nm以下である高分子分散型液晶層をキャビティに用いたファブリーペローエタロン型フィルタを製造する工程と、光ファイバまたは光ファイバアレイを固定した基板に、当該光ファイバまたは光ファイバアレイのコア領域が露出するように溝を形成する工程と、前記溝内に前記ファブリーペローエタロン型フィルタを挿入する工程と、前記溝内に挿入されたファブリーペローエタロン型フィルタと前記基板とを、前記ファブリーペローエタロン型フィルタと屈折率の一致した接着剤で固定する工程と、前記ファブリーペローエタロン型フィルタの透明導電膜に電圧を印加する手段を装着する工程とを備えることを特徴とする。

【0012】前記ファブリーペローエタロン型フィルタを製造する工程は、厚さ250 $\mu$ m以下の透明基板の上に、透明導電膜および誘電体ミラー膜からなる第1の層を形成する工程と、前記第1の膜の上に、液晶粒の直径が150nm以下である高分子分散型液晶層を均一に塗布し、硬化させる工程と、前記高分子分散型液晶層の上に、透明導電膜および誘電体ミラー膜からなる第2の層を形成する工程と、前記各工程により作製されたフィルタを、5mm角以下の大きさに切断する工程とを備えることを特徴とする。

【0013】前記ファブリーペローエタロン型フィルタを製造する工程は、基板上に液晶粒の直径が150nm

以下である高分子分散型液晶層を均一に塗布し、硬化させる工程と、前記基板から前記高分子分散型液晶層を剥がす工程と、前記高分子分散型液晶層の両面上に、透明導電膜および誘電体ミラー膜からなる第1の層および第2の層を形成する工程と、前記各工程により作製されたフィルタを、5mm角以下の大きさに切断する工程とを備えることを特徴とする。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。

【0015】なお、実施例を説明するための全図において、同一機能を有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

【0016】〔実施の形態1〕はじめに、高分子分散型液晶層をキャビティに用いたファブリーペローエタロン型の波長可変フィルタについて説明する。接着剤などの高分子とネマチック液晶を混合した高分子分散型液晶層は、電圧無印加時には散乱体、電圧印加時には透明体となることを利用して、従来から表示装置、光シャッタなどに使用されている。

【0017】本発明者らは、この散乱の要因が液晶粒の大きさに関係しており、この液晶粒を、光の波長よりも短い150nm以下にすることにより、低ロス(0.1dB/cmから0.数dB/cm)で屈折率変化 $\Delta n = 4 \times 10^{-3} E^2$  (ここで、Eの単位は $\mu$ m/V)を持つナノサイズ液晶微粒子分散体を開発している(S.Matsumoto, M.Houlbert, T.Hayashi and K.Kubodera, "Fine droplets of LCs in a transparent polymer and their response to an electric field," Appl. Phys. Lett., vol.69(8), pp.1044, 1996.)。

【0018】さらに、本発明者らは、高分子分散型液晶層をキャビティに用いたファブリーペローエタロン型の可変波長フィルタを考案し、その基本構造について既に特許出願済みである(特願平9-205896号)。この高分子分散型液晶層をキャビティに用いたファブリーペローエタロン型の波長可変フィルタは、偏波無依存であり、応答速度が10 $\mu$ sと非常に速いという特徴を有している。

【0019】高分子分散型液晶は、液体でなく固体であり、薄いフィルムにも成形できるという優れた特徴を有している。フィルム状の高分子分散型液晶をキャビティに用いたファブリーペローエタロン型フィルタ、あるいは、薄いガラス基板上に形成された高分子分散型液晶をキャビティに用いたファブリーペローエタロン型フィルタを用いることにより、従来のポリイミド固定波長フィルタの作製プロセスがそのまま適用可能となり、非常に安価な波長可変フィルタを実現することができる。

【0020】図1は、本発明の実施の形態1のフィルタの製造方法を説明するための斜視図、およびその要部断面図である。以下、本実施の形態のフィルタの製造方法

5

を図1を用いて順に説明する。

【0021】(1)はじめに、250 $\mu$ m以下の薄い透明ガラス基板101を用意する。ここでは、200 $\mu$ mの合成石英基板を用いた。

【0022】(2)次に、透明ガラス基板101上に、真空蒸着法またはスパッタ法により、透明導電膜102を形成し、さらに、誘電体ミラー膜(誘電体多層膜ミラー)103を形成することにより、透明ガラス基板101上に第1の層を形成する。

【0023】(3)次に、第1の層上に、高分子溶液とネマチック液晶を混合した液体をスピナーにより塗布した後、硬化させて高分子分散型液晶層104を形成する。ここで用いられる高分子溶液は接着剤が適している。即ち、紫外線硬化型接着剤や、熱硬化型のエポキシ系接着剤である。

【0024】高分子分散型液晶層104は、熱硬化型あるいは光硬化型のプレポリマーと液晶の混合溶液をスピコートした後、加熱あるいは光照射することによって作製されるか、あるいは高分子溶液とネマチック液晶を混合した液体をスピコートし、急速に溶媒を除去することによって作製される。

【0025】これらの高分子は光透過性の材料であればよく、特に限定されるものではないが、光透過性がよく光学的に異方性のないポリマー、例えば、PMMA系ポリマー、ポリスチレン系ポリマー、ポリカーボネート系ポリマー、熱硬化あるいは光硬化性のアクリル系ポリマー、エポキシ系ポリマー、ポリウレタン系ポリマー、ポリイソシアネート系、ポリエチレンポリチオール系ポリイミドなどが上げられる。また、ネマチック液晶は、粒径が150nm以下のものを用いる。

【0026】高分子分散型液晶層104の厚さは、完成した波長可変フィルタのFSR(共振する光の波長の間隔)にもよるが、約10 $\mu$ mから数10 $\mu$ mである。また、高分子分散型液晶層104が波長可変フィルタのキャビティを形成するため、高分子分散型液晶層104の膜の均一性が非常に強く要求される。許容膜厚ムラは、0.5 $\mu$ m/cm以下である。

【0027】(4)次に、高分子分散型液晶層104上に、真空蒸着またはスパッタ法により、誘電体ミラー膜105を形成し、さらに、透明導電膜106を形成することにより、高分子分散型液晶層104上に第2の層を形成する。

【0028】(5)最後に、ダイシングソーにより、ガラス基板ごとフィルタ107を5mm角以下に切り出す。

【0029】図1に示す方法により作製されたフィルタ107は、透明導電膜(102、106)と誘電体ミラー膜(103、105)とで高分子分散型液晶層(104)を挟んだファブリーペローエタロン型のフィルタを構成し、透明導電膜(102、106)に電圧を印加す

6

ることにより、透過波長を変化させることができる。

【0030】図2は、本発明の実施の形態1の光ファイバ付き波長可変フィルタモジュールの製造方法を説明するための斜視図である。以下、本実施の形態の光ファイバ付き波長可変フィルタモジュールの製造方法を図2を用いて順に説明する。

【0031】(1)はじめに、両端にコネクタ203が付いた光ファイバ201を用意する。波長可変フィルタのロス低減のために、この光ファイバ201は、図2の202に示すように、中心部のコアが拡大されたコア拡大光ファイバが望ましい。但し、コアを拡大していない通常の光ファイバでも使用可能である。

【0032】(2)次に、ガラス基板、プラスチック基板、セラミック基板等の基板を用意する。この場合に、これらの基板は、図2の204に示す溝付き基板のように、光ファイバ201を埋め込む溝が形成されていることが望ましい。但し、図2の205に示す平面基板でも使用可能である。

【0033】(3)次に、これらの基板(204、205)に光ファイバ201を装着し、接着剤206で固定する。

【0034】(4)次に、基板(204、205)に、フィルタ209を挿入する溝208をダイシングソー207で形成し、光ファイバ201のコア領域を露出させる。その際、フィルタ209からの反射戻り光を低減するために、溝208は光ファイバ201に対して傾いていること(約80°)が望ましい。また、その幅はフィルタ209の膜厚に相当する。

【0035】(5)次に、数mm角に切断されたフィルタ209(図1により作製されたフィルタ107)を用意し、上面透明導電膜106、高分子分散型液晶層104および誘電体ミラー膜(103、105)の端の部分のみをはぎ取り、ガラス側透明導電膜102へ、導電ペーストまたはハンダ211により取り出し電極210を取り付ける。

【0036】(6)次に、フィルタ209を、基板(204、205)に形成された溝208に挿入し、フィルタ209と屈折率の一致した接着剤212で接着固定する。この場合に、必要に応じてフィルタ209は2枚以上積層する。

【0037】(7)最後に、フィルタ209の上面透明導電膜106に、取り出し電極214が取り付けられた接触用金属棒213を押し当てることにより、フィルタ上面透明導電膜106に取り出し電極を取り付ける。なお、導電ペーストを用いてフィルタ上面透明導電膜106から電極を取り出してもよいが、導電ペーストがフィルタ209に浸みこみショートする場合がある。

【0038】このようにして作製された本実施の形態の光ファイバ付き波長可変フィルタモジュールの印加電圧依存性を図5に示す。図5に示すように、本実施の形態

10

20

30

40

50

の光ファイバ付き波長可変フィルタモジュールは、約400Vの電圧を印加することにより、透過ピークが10nm以上シフトすることがわかる。

【0039】なお、本実施の形態では、基板(204、205)上に1本の光ファイバ201のみを載置する場合について説明したが、基板(204、205)上に多数の光ファイバを載置してアレイ化することも可能である。

【0040】〔実施の形態2〕図3は、本発明の実施の形態2のフィルタの製造方法を説明するための斜視図、およびその要部断面図である。前記実施の形態1では、薄いガラス基板上に第1の層、高分子分散型液晶層、および第2の層を積層してフィルタを形成したが、本実施の形態では、ガラス基板を用いず、フィルム状の高分子分散型液晶層を用いてフィルタを作製する方法である。

【0041】以下、本実施の形態のフィルタの製造方法を図3を用いて順に説明する。

【0042】(1)はじめに、フィルム形成用基板301を用意する。

【0043】(2)次に、フィルム形成用基板301上に、高分子溶液とネマチック液晶を混合した液体をスピンコート法により塗布した後、紫外線照射または加熱により硬化させて高分子分散型液晶層302を形成する。ここで用いられる高分子溶液は、以下の蒸着プロセスのため、熱に対して耐性のあるものが望ましく、接着剤に用いられる紫外線硬化型接着剤や、熱硬化型のエポキシ系接着剤でもよい。

【0044】また、高分子分散型液晶層302の厚さは、約10 $\mu$ mから数10 $\mu$ mである。高分子分散型液晶層302が、波長可変フィルタのキャビティとなるため、高分子分散型液晶層302の膜の均一性が非常に強く要求され、許容膜厚ムラは、0.5 $\mu$ m/cm以下である。

【0045】(3)次に、基板301からフィルム状の高分子分散型液晶層(以下、高分子分散型フィルムと称する。)302を剥がす。

【0046】(4)次に、剥がした高分子分散型フィルム302を枠303に取り付け、しわのないように均一に貼る。

【0047】(5)次に、高分子分散型フィルム302の両面上に、真空蒸着またはスパッタ法により、誘電体ミラー膜304および透明導電膜305から構成される第1の層、および第2の層を形成する。

【0048】(6)最後に、フィルム状のフィルタ(以下、フィルムフィルタと称す。)306を5mm角以下に切り出す。

【0049】図3に示す方法により作製されたフィルムフィルタ306も、透明導電膜305と誘電体ミラー膜304とで高分子分散型液晶層302を挟んだファブリーペローエタロン型のフィルタを構成し、透明導電膜3

05に電圧を印加することにより、透過波長を変化させることができる。

【0050】図4は、本発明の実施の形態2の光ファイバ付き波長可変フィルタモジュールの製造方法を説明するための斜視図である。以下、本実施の形態の光ファイバ付き波長可変フィルタモジュールの製造方法を図4を用いて順に説明する。

【0051】工程(4)までは、図2に示す前記実施の形態1と同じであるので、その説明は省略する。

【0052】(5)数mm角に切断されたフィルム状のフィルタ401(図3により作製されたフィルムフィルタ306)を用意する。

【0053】(6)次に、フィルムフィルタ401を、基板(204、205)に形成された溝208に挿入し、屈折率の一致した接着剤402で接着固定する。

【0054】(7)最後に、フィルムフィルタ401の両面を、取り出し電極404が取り付けられた2つの接触用金属棒403で押し挟み、フィルムフィルタ401の透明導電膜305に取り出し電極を取り付ける。

【0055】このようにして作製された本実施の形態の光ファイバ付き波長可変フィルタモジュールの印加電圧依存性も図5に示す特性とはほぼ同様の特性である。

【0056】なお、本実施の形態では、基板(204、205)上に1本の光ファイバ201のみを載置する場合について説明したが、基板(204、205)上に多数の光ファイバを載置してアレイ化することも可能である。

【0057】前記各製造方法で、光ファイバ付き波長可変フィルタモジュールのコストを見積もると以下のようになる。

【0058】前記プロセスで最もコストが高いのは、誘電体ミラー膜(103、105、304)、透明導電膜(102、106、305)を形成する工程であり、現時点で30万円程度である。3インチ基板から1mm角のフィルタ(107、306)を切り出すと仮定すると、一枚70円程度となる。従って、前記各実施の形態の光ファイバ付き波長可変フィルタモジュールのコストは、主に光ファイバ201およびコネクタ203並びに溝掘り作業のコストであり、トータルコストは約1万円と見積もられる。現在の波長可変フィルタのコストが約100万円であるので、コストは1/100となる。

【0059】さらに、前記各実施の形態のフィルタ(209、401)はフィルム状であるので、多層に積層することが容易であり、多層に積層することにより、フィルタ(209、401)の消光比を大幅に上げることが可能となる。さらに、前記各実施の形態のフィルタ(209、401)では、光ビームのアライメントが必要ないという利点がある。

【0060】以上、本発明者によってなされた発明を、前記実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明

は、前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは勿論である。

【0061】

【発明の効果】本願において開示される発明のうち代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、下記の通りである。

【0062】(1) 本発明によれば、高性能の波長可変フィルタを、安価に製造することが可能となる。

【0063】(2) 本発明によれば、高分子分散型液晶層をキャビティに用いたファブリーペローエタロン型フィルタを多層に積層することできるので、ファブリーペローエタロン型フィルタの消光比を大幅に上げることが可能となる。

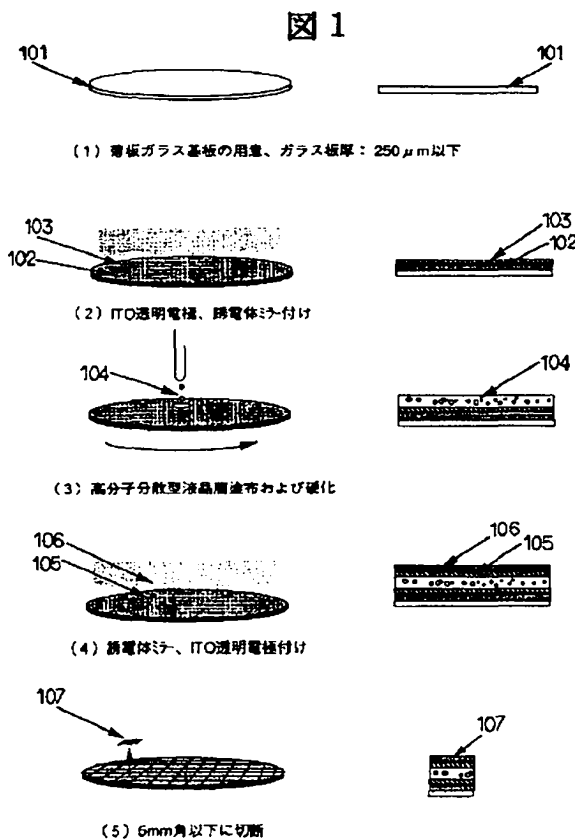
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1のフィルタの製造方法を説明するための斜視図、およびその要部断面図である。

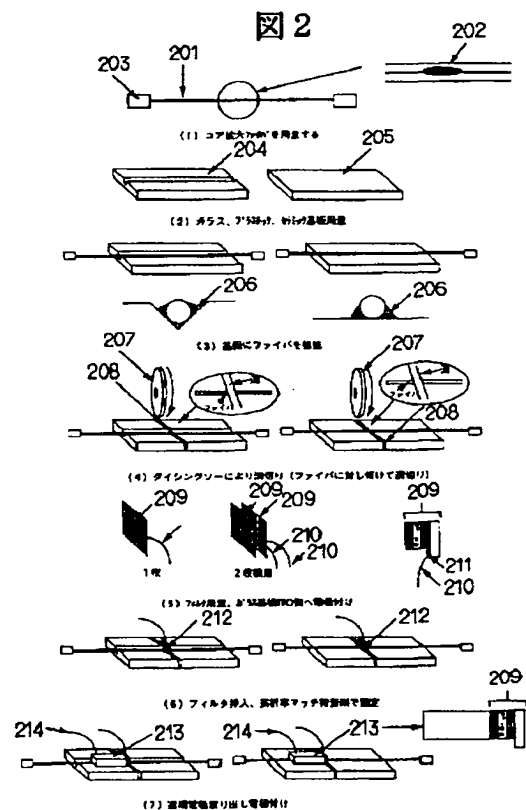
【図2】本発明の実施の形態1の光ファイバ付き波長可変フィルタモジュールの製造方法を説明するための斜視図である。

\*20

【図1】



【図2】



\*【図3】本発明の実施の形態2のフィルタの製造方法を説明するための斜視図、およびその要部断面図である。

【図4】本発明の実施の形態2の光ファイバ付き波長可変フィルタモジュールの製造方法を説明するための斜視図である。

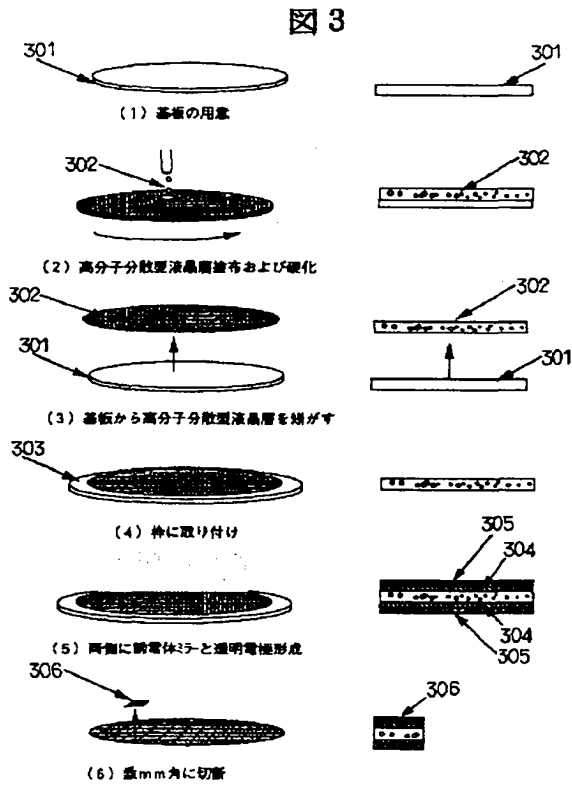
【図5】実施の形態1の方法により製造された光ファイバ付き波長可変フィルタモジュールの波長-印加電圧の関係を示すグラフである。

【符号の説明】

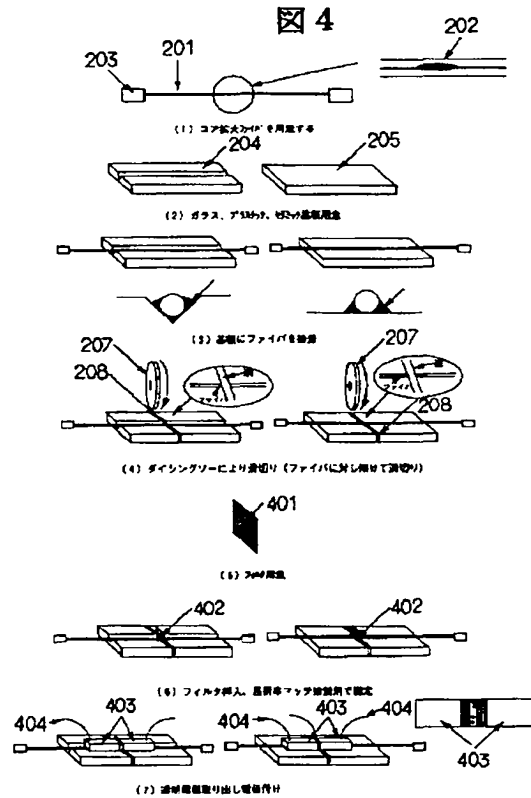
101…透明基板、102, 106, 305…透明導電膜、103, 105, 304…誘電体ミラー膜、104, 302…高分子分散型液晶層、107, 209, 306, 401…フィルタ、201…光ファイバ、202…光ファイバのコア拡大部分、203…コネクタ、204…溝付き基板、205…平面基板、206, 212, 402…接着剤、207…ダイシングソー、208…溝、210, 214, 404…取り出し電極、211…導電ペーストまたはハンダ、213, 403…接触用金属棒、301…基板、303…フィルム張り付け枠。



【図3】

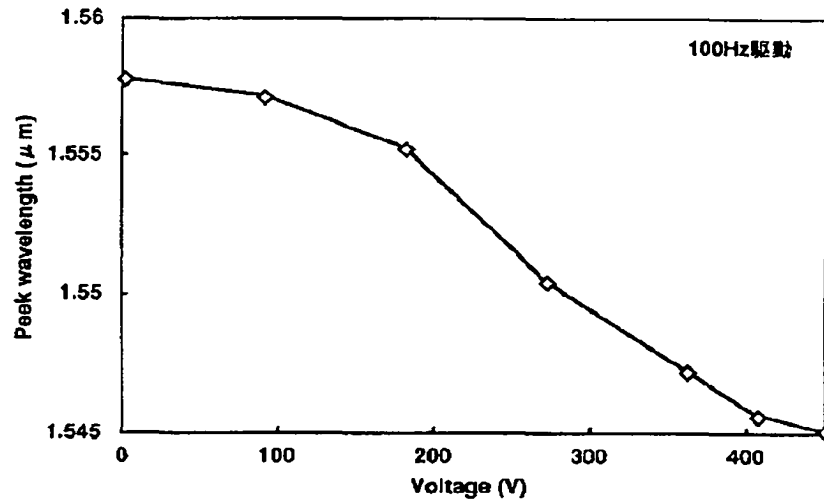


【図4】

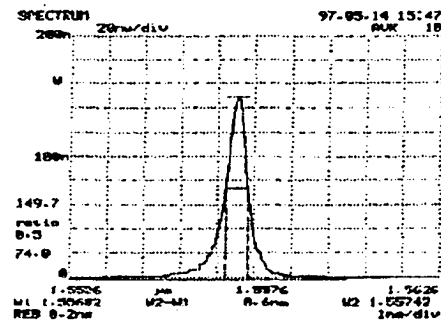
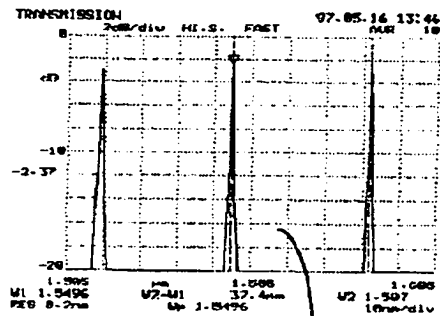


【図5】

図 5



(a) 波長可変特性



(b) 透過スペクトル